دانشکده برق، کامپیوتر و فناوری های پیشرفته

گروه مهندسی برق قدرت

دستورکار آزمایشگاه حفاظت و رله

تهیه کننده:

آقای دکتر توحید غنی‌زاده

تاریخ تنظیم:

مهرماه ۱۴۰۳

فهرست مطالب		
مبحث	عنوان	شماره صفحه
مبحث اول	تاریخچه و کاربردهای نرم افزار PSCAD و نحوه نصب نرم افزار	۱
مبحث دوم	آشنایی با محیط نرم افزار PSCAD (نوار ابزار، تنظیمات زمانی، روش راه اندازی پروژه و...)	۱۰
مبحث سوم	آشنایی با کتابخانه و عناصر سیستمی پرکاربرد برای شبیه سازی	۱۱
مبحث چهارم	تحلیل انواع خطاهای اتصال کوتاه در سیستم قدرت و استخراج دیاگرام فازوری	۱۲
مبحث پنجم	تحلیل اثر انواع اتصالات ترانسفورماتورهای سه فاز در اتصال کوتاه شبکه	۱۴
مبحث ششم	تحلیل خطاهای مدار باز در سیستم قدرت	۱۶
مبحث هفتم	بررسی تنظیم و هماهنگی رله های اضافه جریان در سیستم قدرت	۱۸
مبحث هشتم	بررسی تنظیم و هماهنگی رله های دیستانس در سیستم قدرت	۲۲
مبحث نهم	بررسی حالت اتصال کوتاه ژنراتور سنکرون	۲۷
مبحث دهم	بررسی حفاظت شبکه انتقال و اثر نوسان توان در عملکرد رله های حفاظتی	۲۹
مبحث یازدهم	بررسی نحوه تخمین فازور از طریق انتقال سیگنال های ولتاژ و جریان از پی اسکد به متلب	۳۱
مبحث دوازدهم	شبیه سازی یک طرح حفاظتی جدید در شبکه ۹ باسه WSCC	۳۳

مراجع و نحوه ارزشیابی

❖ مراجع مورد استفاده در ارائه این آزمایشگاه عبارتند از:

- ❑ PSCAD software Help.
- ❑ H. Manitoba, Research Center, PSCAD/EMTDC User Manual, Tutorial Manuals.
- ❑ تجربیات و اطلاعات شخصی

- ❑ نحوه ارزشیابی
- ❑ انجام پروژه پایانی(۴ نمره)
- ❑ ارزیابی کتبی و شفاهی نهایی (۸)
- ❑ گزارش کار دقیق و منظم (۸ نمره)
- ❑ حضور تمامی اعضای گروه در جلسات ارائه آزمایشات الزامی می باشد و نمره ارفاقی نهایی منوط به حضور در آزمایشگاه است.

❖ هر گزارشکار باید حاوی موارد زیر باشد:

- ✓ اسامی افراد مشارکت کننده
- ✓ هدف آزمایش
- ✓ تئوری اولیه آزمایش
- ✓ عناصر مورد استفاده در آزمایش
- ✓ مراحل انجام آزمایش
- ✓ خروجی آزمایش
- ✓ پاسخ به سوالات

مبحث اول

تاریخچه و کاربردهای نرم افزار PSCAD و نحوه نصب نرم افزار

معرفی:

PSCAD

- ❖ Power Systems Computer Aided Design : طراحی سیستم های قدرت به کمک کامپیوتر
- ❖ محصول شرکت Manitoba Hydro international Ltd.
- ❖ موتور شبیه ساز EMTDC (Electromagnetic Transients including DC)

نسخه های مختلف PSCAD

- اولین نسخه در سال 1988 ارائه شد (نسخه آزمایشی)
- نسخه دوم به عنوان یک نرم افزار تجاری در سال 1993 (بر روی سیستم عامل یونیکس)
- نسخه سوم نرم افزار برای سیستم عامل ویندوز در سال 1999

نسخه های بعدی : تکمیل کتابخانه نرم افزار و افزودن امکانات جدیدتر

PSCAD Release of Version 4 in 2002
PSCAD Release of Version 4.2 in 2005
PSCAD Release of Version 4.2.1 build early 2006
PSCAD Release of Version 4.2.1 in May 2007(update for Windows Vista)
PSCAD X4 Release of Version 4.3.0 in March 2010
PSCAD X4 Release of Version 4.3.1 in December 2010
PSCAD X4 Release of Version 4.5.0.0 June 2012

ویژگی های نرم افزار

نرم افزاری سریع و دقیق برای طراحی و تحقیق در همه نوع سیستم قدرت

—سرعت
—دقت
—استفاده آسان
—قابلیت اطمینان بالا
—کتابخانه گسترده از مدل های قدرت و کنترل
—امکان تغییر پارامتر ها در طی شبیه سازی

	Student Evaluation	Educational	Professional
Electrical Subsystems	1	1	Unlimited(256)
Electrical Nodes	15	200	unlimited
Components	1,024	32,768	65,536
Price	Free	$1,500 Single User License (SUL)	quotes available upon request

هدف نرم افزار : مطالعه و تحلیل حالات پایدار، گذرا و دینامیکی سیستم های قدرت می باشد

مبحث اول

تاریخچه و کاربردهای نرم افزار PSCAD و نحوه نصب نرم افزار

ویژگی های نرم افزار

- در نرم افزار PSCAD تمامی سیگنال ها می توانند به صورت زمان واقعی (Real Time) مورد بررسی قرار گیرند و نتایج خروجی به محض ایجاد تغییرات به صورت آنی مشاهده می شود.

- این نرم افزار مجموعه وسیعی از مدلهای مختلف برای سیستم های قدرت، الکترونیک قدرت، ماشین های الکتریکی، تجهیزات حفاظتی خطوط و تجهیزات کنترلی را شامل می شود که در ادامه به اختصار به آن ها اشاره می کنیم:

  - ✓ سلف ها مقاومت ها و خازن ها
  - ✓ سیم پیچ های القای متقابل مثل ترانسفورماتورها
  - ✓ ماشین های الکتریکی (سنکرون، آسنکرون و DG)
  - ✓ توربین های مختلف (هیدرو، بخار و باد)
  - ✓ انواع مبدل ها
  - ✓ بلوک های کنترل و درایو
  - ✓ انواع رله ها، کلیدها و بریکرها
  - ✓ خطوط انتقال
  - ✓ منابع ولتاژ و جریان

قابلیت ها و کاربردهای آموزشی، مطالعاتی و تحقیقاتی نرم افزار

1) مطالعات آماری و احتمالی در مورد شبکه های AC شامل ماشین ها، محرک ها، گاورنر ها، توربین ها، ترانسفورماتورها، خطوط انتقال، کابل ها و بارها
2) اضافه ولتاژها(در اثر خطاها، قطع و وصل کلید،صاعقه،خواص غیر خطی ترانس و ....)
3) ارزیابی فیلترها و آنالیز هارمونیک ها
4) هماهنگی عایقی ترانسفورماتورها، بریکرها و برق گیرها
5) سیستمهای الکترونیک قدرت و درایو
6) رزونانس های زیر سنکرون
7) سیسنمهای FACTS
8) سیسنمهای HVDC
9) هماهنگی رله های حفاظتی شبکه های توزیع برق و.....
10) نیروگاه های بادی((wind farms
11) انواع جبران سازی
12) کیفیت توان(اکتیو فیلتر و ....)
13) صاعقه، اتصال کوتاه و عملکرد بریکرها

مبحث اول

تاریخچه و کاربردهای نرم افزار PSCAD و نحوه نصب نرم افزار

ضرورت شبیه سازی در مطالعات سیستم های قدرت

چرا شبیه سازی؟؟

- شبیه سازی مدل کردن یک مفهوم واقعی و یا غیر واقعی و یا یک فرآیند، در محیط نرم افزاری است.

- به عبارت دیگر شبیه سازی بررسی یک فرآیند و یا یک ایده را قبل از اجرای آن در واقعیت میسر کرده است.

- به کمک شبیه سازی کاربر می تواند یک مفهوم ذهنی و یا یک سیستم حقیقی را در فضای نرم افزار پیاده سازی کنند و داده های ناشی از آن را مشاهده و اعتبار سنجی نمایند.

امکانات سخت افزاری و نرم افزاری مورد نیاز برای نصب نرم افزار

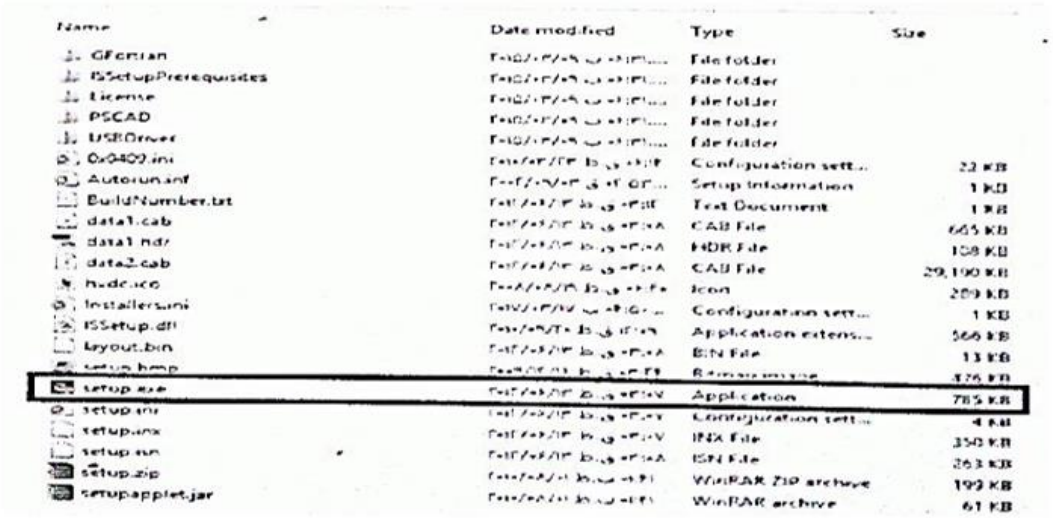
پیشنهادی	حداقل	
3 GHz (Pentium 4 or Athlon)	500 MHZ (Pentium 2)	CPU
1 GB	512 MB	RAM
40 GB (Fast SCSI or IDE)	500 MB	HDD
XGA (1280 * 1024)	SVGA (800 * 600)	Monitor
8.1 – 7	2000 - XP - 7 - 8.1 - 10	OS
Intel® Fortran Composer XE 2011 Microsoft® .NET Framework 4.0 Full Microsoft Visual C++ 2010	Digital Visual Fortran 5 Compaq Visual Fortran 6.x	Compiler & Additional Software

مبحث اول

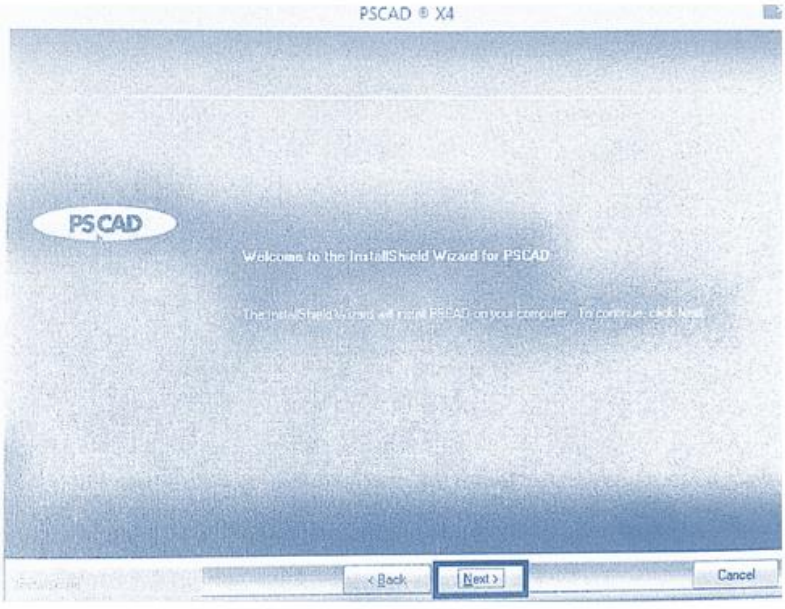
تاریخچه و کاربردهای نرم افزار PSCAD و نحوه نصب نرم افزار

مراحل نصب و راه اندازی

۱- در ابتدا مطابق شکل زیر بر روی فایل setup.exe کلیک راست کرده و run as administrator را انتخاب کنید

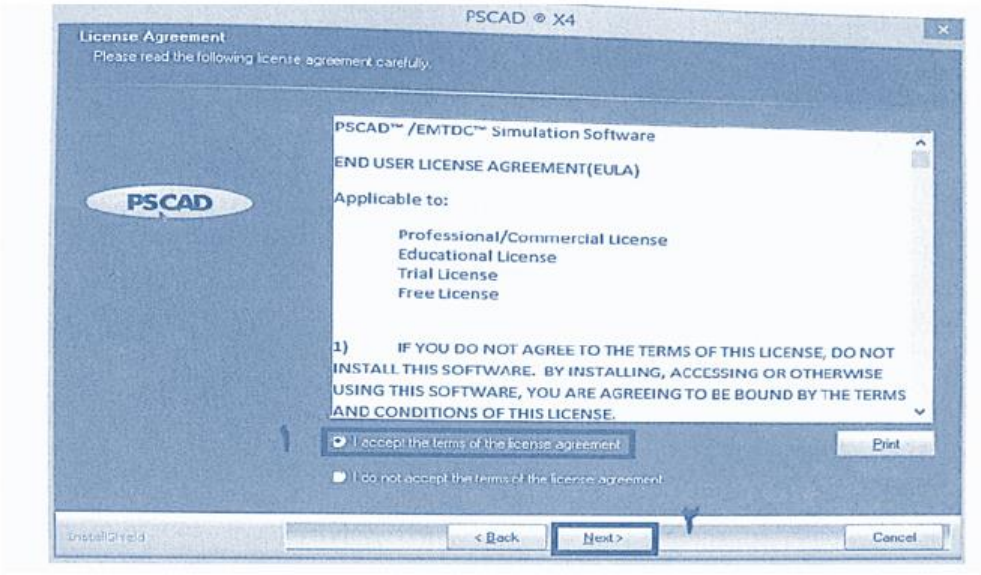


۲- در این پنجره روی next کلیک کنید تا فرآیند نصب آغاز شود

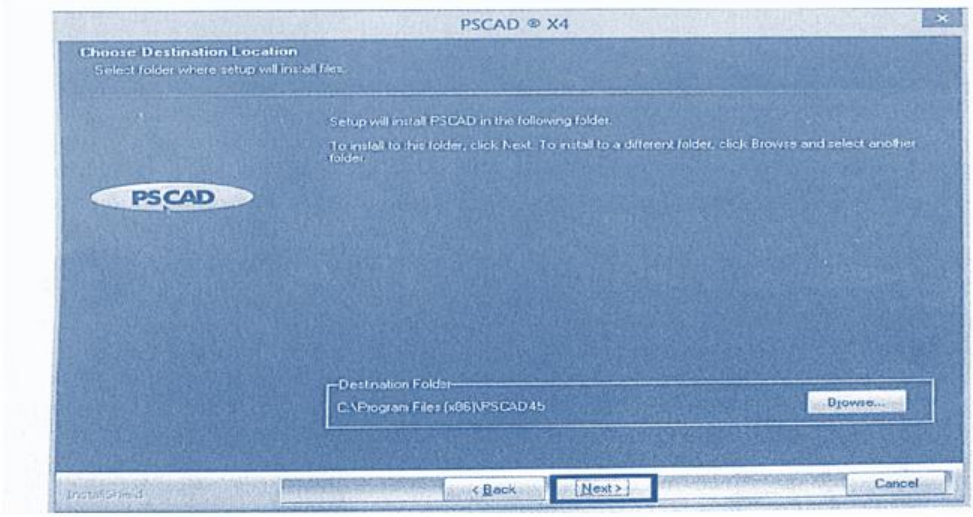


مراحل نصب و راه اندازی

۳- گزینه I accept the term of the license agreement را انتخاب کنید تا با ضوابط PSCAD موافقت کرده و گزینه next را بزنید.

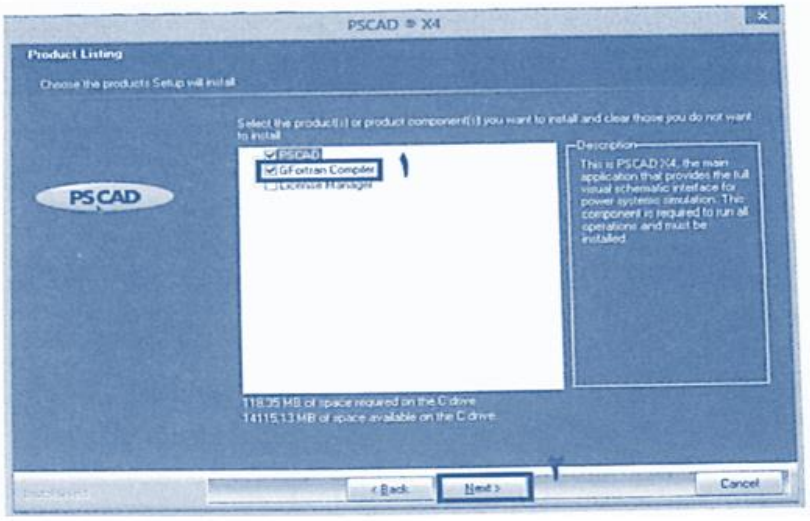


۴- در این پنجره از کاربر محل نصب نرم افزار درخواست می شود. محل نصب را به صورت پیش فرض رها کرده و دکمه ادامه را بزنید.

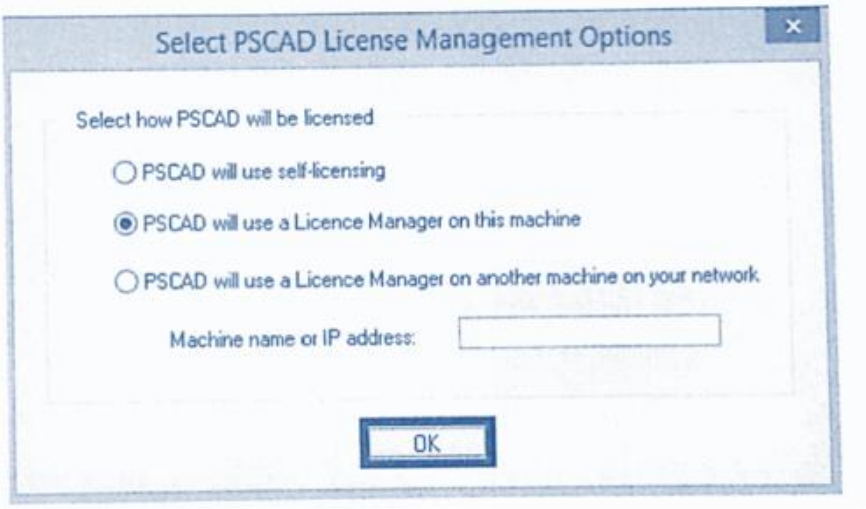


مراحل نصب و راه اندازی

۵- در این پنجره ابتدا گزینه Gfortran Compiler را انتخاب کنید و سپس گزینه ادامه را بزنید.

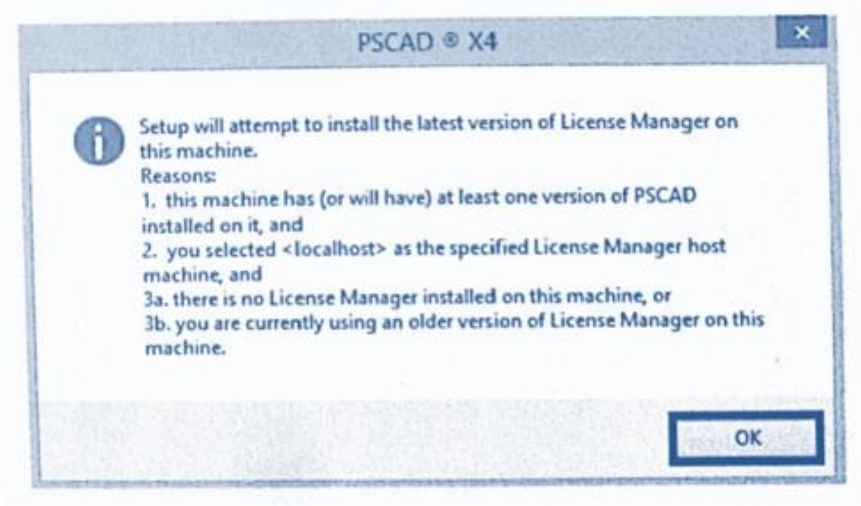


۶- در پنجره باز شده روی ok کلیک کنید

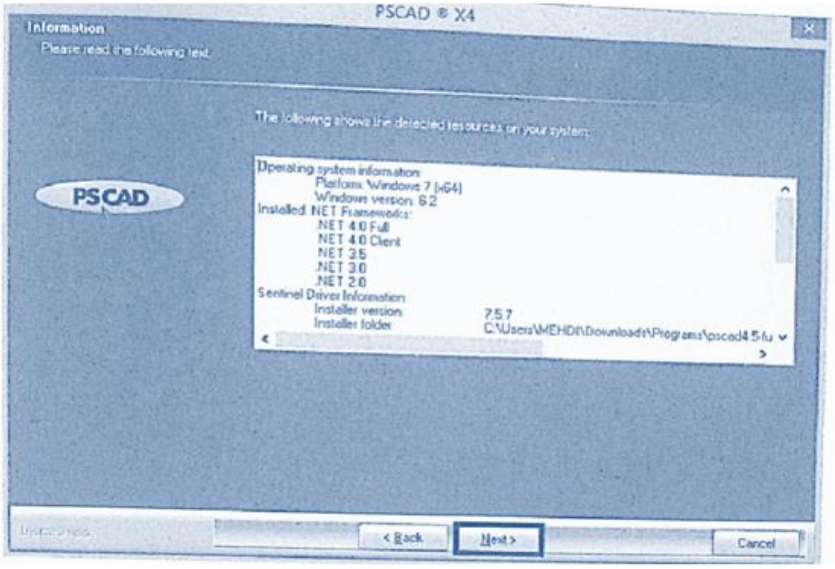


مراحل نصب و راه اندازی

۷- در این پنجره نیز بر روی ok کلیک کنید.



۸- پنجره پیش رو مشخصات سیستم کاربر را نشان می دهد. با کلیک بر روی next مراحل نصب را ادامه دهید.

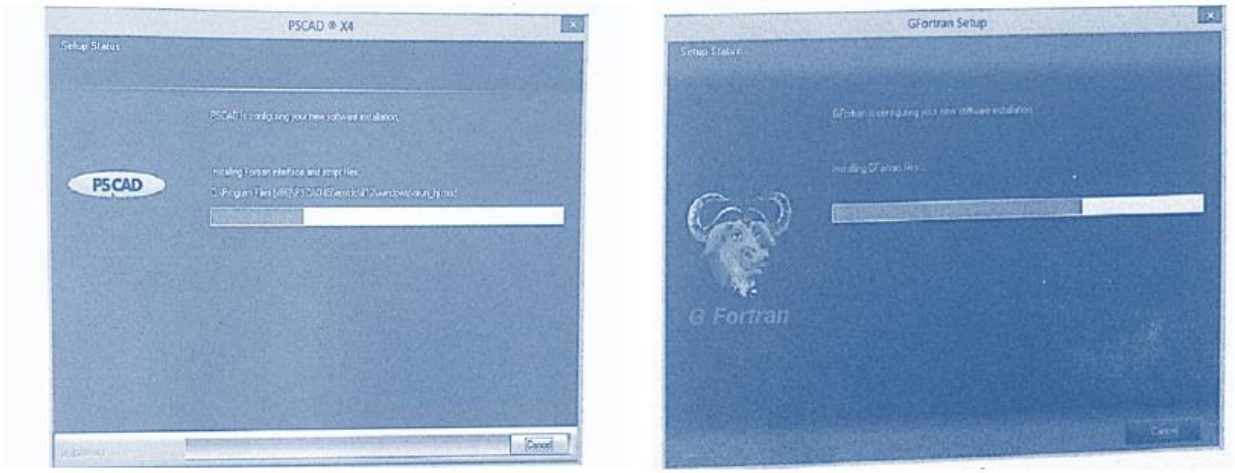


مبحث اول

تاریخچه و کاربردهای نرم افزار PSCAD و نحوه نصب نرم افزار

مراحل نصب و راه اندازی

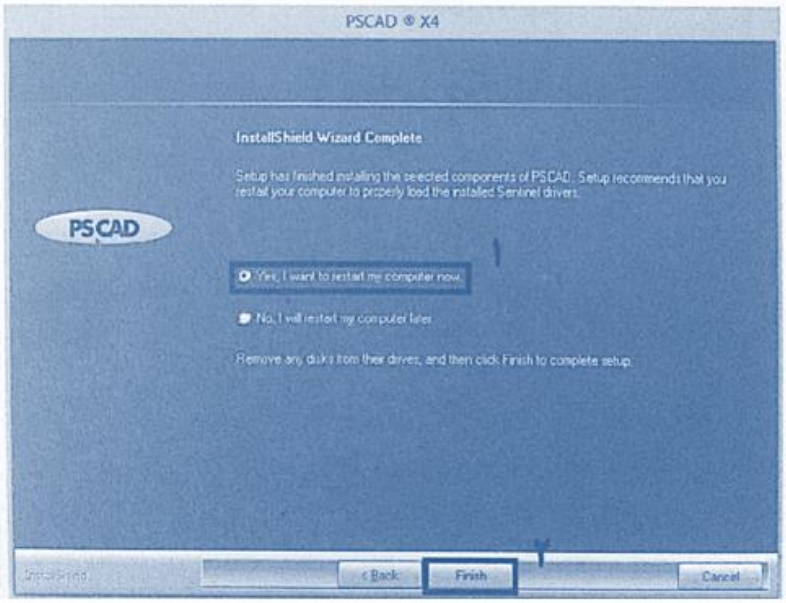
۹- تا پایان عملیات نصب نرم افزار و نصب کامپایلر صبور باشید...



۱۰- بر روی دکمه finish کلیک کنید تا عملیات نصب کامپایلر پایان پذیرد.

مراحل نصب و راه اندازی

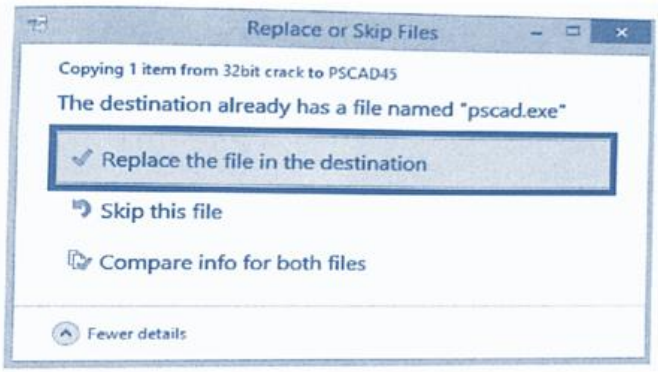
۱۱- دکمه ریستارت کامپیوتر را انتخاب کرده و دکمه finish را کلیک کنید.



۱۲- در پایان به منظور فعال سازی نرم افزار یکبار نسخه ۳۲ بیتی (32 bit PSCAD) را باز کنید و مجددا ببندید و سپس فایل pscad.exe را از درون پوشه 32bit crack در مسیر زیر کپی کنید:

C:\Program Files (x86)\PSCAD45\bin\win

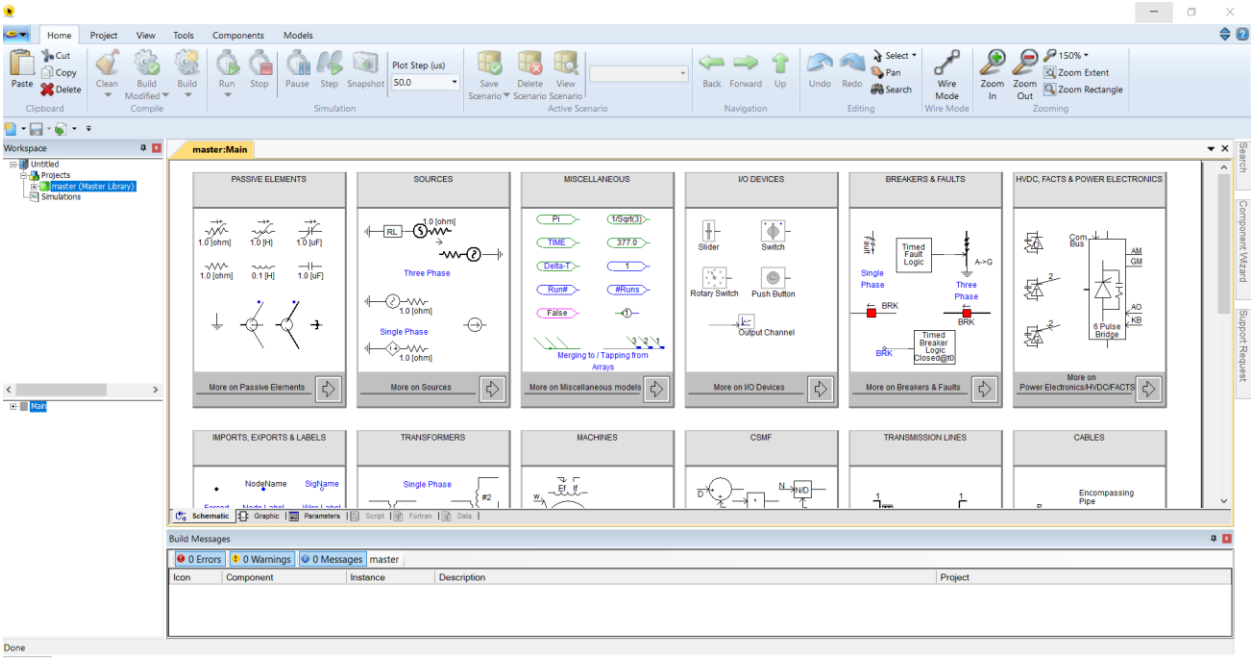
۱۳- بر روی گزینه زیر کلیک کنید تا فایل کرک شده جایگزین فایل قبلی شود.



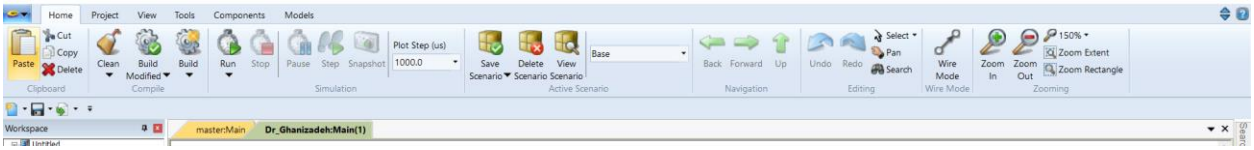
مبحث دوم

آشنایی با محیط نرم افزار PSCAD (نوار ابزار، تنظیمات زمانی، روش راه اندازی پروژه و...)

- ✓ مطالب مربوط به این مبحث به صورت حضوری و عملی در آزمایشگاه تدریس خواهد شد.
- ✓ لازم است دانشجویان نرم افزار را به صورت نصب شده در سیستم خود داشته باشند.



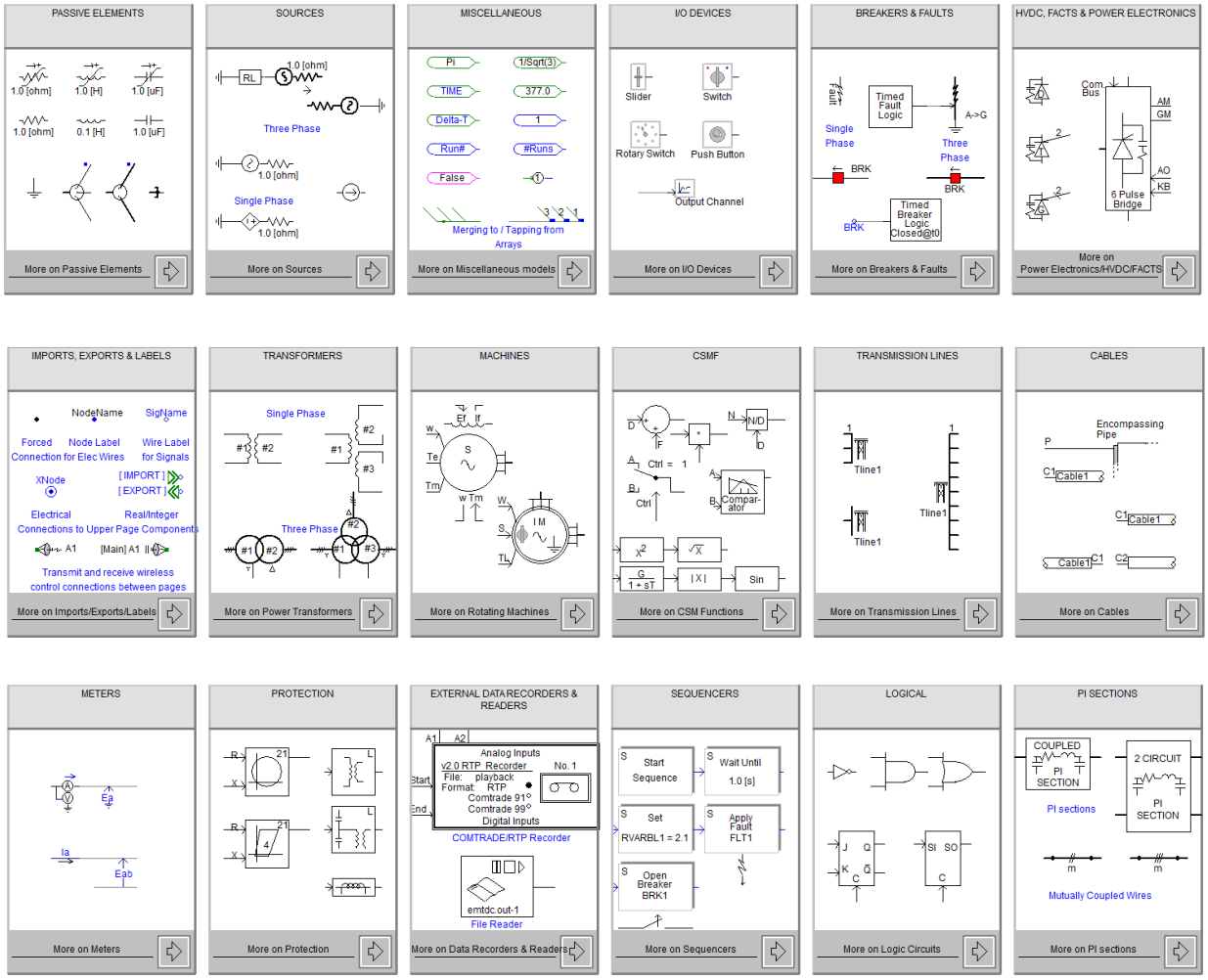
نوار ابزار



مبحث سوم

آشنایی با کتابخانه و عناصر سیستمی پرکاربرد برای شبیه سازی

- ✓ مطالب مربوط به این مبحث به صورت حضوری و عملی در آزمایشگاه تدریس خواهد شد.
- ✓ لازم است دانشجویان نرم افزار را به صورت نصب شده در سیستم خود داشته باشند.



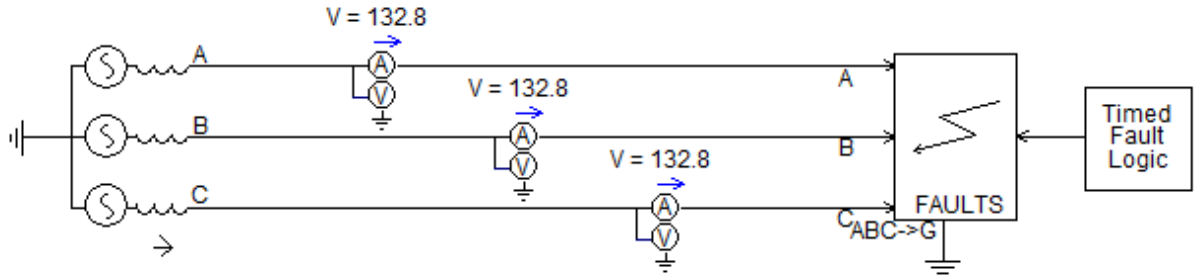
مبحث چهارم

تحلیل انواع خطاهای اتصال کوتاه در سیستم قدرت و استخراج دیاگرام فازوری

هدف آزمایش:

در این ازمایش قصد داریم تا دیاگرام فازوری ولتاژ و جریان را به ازای هر ۱۱ نوع اتصال کوتاه رخداده در سر ژنراتور با مدل ساده (مدار معادل تونن) بررسی کنیم. با توجه به متفاوت بودن نحوه اتصال مدارات توالی مثبت، منفی و صفر در اتصال کوتاههای تکفاز، دوفاز بهم، دوفازبهم و به زمین و سه فاز، هدف تحلیل این اتصال کوتاه‌ها، محاسبه ولتاژهای ۳ فاز، ولتاژهای توالی، جریان‌های ۳ فاز و جریان‌های توالی در سر ژنراتور سه فاز با مدار معادل ساده ساده است.

روش آزمایش: مداری مطابق با شکل زیر را بسته و بعد از شبیه سازی به سوالات زیر پاسخ دهید.



۱-با استفاده از توالی سنج ولتاژهای سه فاز را به ولتاژهای توالی تبدیل کنید و دیاگرام فازوری سه فاز ولتاژهای توالی و ولتاژهای فازی را رسم کنید.

۲-با استفاده از تبدیل fft ابتدا فازورهای جریان را محاسبه کرده و سپس با استفاده از توالی سنج، جریان‌های توالی مثبت، منفی و صفر را استخراج کنید. سپس دیاگرام فازوری جریان‌های سه فاز و جریان‌های توالی را رسم کنید.

۳-با تنظیمات مناسب (مطابق با تنظیمات ذکر شده سر کلاس) انواع خطاهای اتصال کوتاه (۱۱ نوع خطا) را در سیستم ایجاد کنید و به ازای هر نوع جریان مراحل یک و دو دستورکار را تکرار کنید.

۴-دیاگرام های فازوری ولتاژ و جریان در حالت فازی و در حالت توالی تحلیل کنید.

۵- در کدام نوع اتصال کوتاه اندازه جریان های توالی مثبت، منفی و صفر با هم برابر است. چرا؟

۶- در کدام نوع اتصال کوتاه اندازه ولتاژ های توالی مثبت، منفی و صفر با هم برابر است. چرا؟

۷- مرحله ۳ را به ازای مقاومت های خطای (۱۰ اهم، ۵۰ اهم و ۱۰۰ اهم) تکرار کنید. مقاومت خطا چه تاثیری در اندازه ولتاژ و جریان محل خطا دارد؟

۸- در کدام اتصال کوتاه اندازه جریان فاز، ۳ برابر اندازه جریان توالی صفر همان فاز است؟

۹-در کدام نوع اتصال کوتاه اندازه ولتاژ توالی صفر برابر صفر می باشد؟ چرا؟

۱۰-با استفاده از روش تبدیل مولفه های سه فاز به مولفه های توالی (به صورت تئوری) رابطه بین جریان‌های سه فاز (a,b,c) را با جریان‌های توالی مثبت، منفی و صفر فاز A را به ازای اتصال کوتاه فاز A به زمین بررسی کنید.

نکته مهم:

- **هر گزارش کار باید حاوی موارد زیر باشد** (نام نویسنده مسئول گزارش، اسامی افراد مشارکت کننده، هدف آزمایش، تئوری اولیه آزمایش، معرفی عناصر مورد استفاده در آزمایش، مراحل انجام آزمایش، خروجی آزمایش و پاسخ به سوالات)
- **مهلت ارسال دستور کار**: یک هفته بعد از انجام آزمایش.

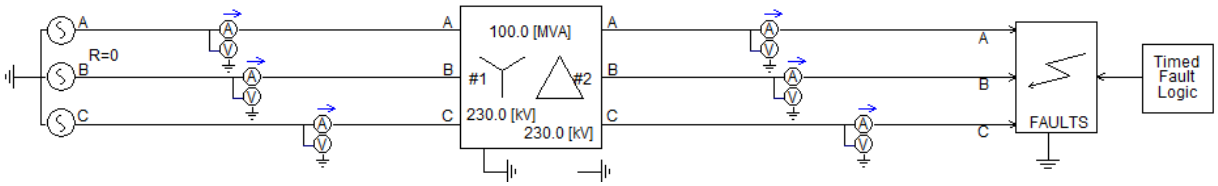
مبحث پنجم

تحلیل انواع خطاهای اتصال کوتاه سر ژنراتور متصل به ترانسفورماتور با آرایش های ستاره–ستاره و ستاره مثلث و مثلث ستاره و استخراج دیاگرام فازوری

هدف آزمایش:

در این ازمایش قصد داریم تا دیاگرام فازوری ولتاژ و جریان محاسبه شده در دو سر ترانسفورماتورهای قدرت را به ازای انواع آرایش ترانس را به ازای هر ۱۱ نوع اتصال کوتاه رخداده در سر ژنراتور با مدل ساده (مدار معادل تونن) بررسی کنیم. با توجه به متفاوت بودن ارایش ترانسفورماتورهای قدرت انتظار می‌رود اختلاف زاویه فاز ولتاژ بین سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه وجود داشته باشد. با توجه به متفاوت بودن نحوه اتصال مدارات توالی مثبت، منفی و صفر در اتصال کوتاههای تکفاز، دوفاز بهم، دوفازبهم و به زمین و سه فاز، هدف تحلیل این اتصال کوتاه‌ها، محاسبه ولتاژهای ۳ فاز، ولتاژهای توالی، جریان‌های ۳ فاز و جریان‌های توالی در دو سر ترانسفورماتور قدرت است.

روش آزمایش: مداری مطابق با شکل زیر را بسته و بعد از شبیه سازی به سوالات زیر پاسخ دهید.



۱-با استفاده از توالی سنج ولتاژهای سه فاز اندازه گیری شده در دو سرترانس را به ولتاژهای توالی تبدیل کنید و دیاگرام فازوری سه فاز ولتاژهای توالی و ولتاژهای فازی را در دو سر ترانس رسم کنید.

۲-مرحله ۲ را به ازای انواع آرایش های ترانس فورماتور قدرت (ستاره/ ستاره- ستاره زمین شده/ستاره زمین شده-مثلث/ستاره زمین شده-ستاره زمین شده/مثلث- و مثلث/مثلث) تکرار کنید.

۳-ولتاژهای فازوری سه فاز دو سر ترانس را برای قبل از خطا به ازای انواع آرایش های ترانسفورماتور رسم کنید. چه نتیجه ای در مورد دامنه و اختلاف زاویه فاز و گروه برداری ترانسفورماتور از روی دیاگرام فازوری ولتاژهای سه فاز اولیه و ثانویه می گیرید؟

۴-با استفاده از تبدیل fft ابتدا فازورهای جریان را محاسبه کرده و سپس با استفاده از توالی سنج، جریان‌های توالی مثبت، منفی و صفر را در دو سر ترانسفورماتور را استخراج کنید. سپس دیاگرام فازوری جریان‌های سه فاز و جریان‌های توالی را رسم کنید. جریان های دو سر چه ارتباطی با یکدیگر دارند؟

۵-با تنظیمات مناسب انواع خطاهای اتصال کوتاه (۱۱ نوع خطا) را در سیستم ایجاد کنید و به ازای هر نوع ولتاژ و جریان دو سر ترانس فورماتور را در حالت فازی و توالی استخراج کنید. استنباط خود را به ازای هر اتصال کوتاه بنویسید.

۵- زمین شدن و یا زمین نشدن نقطه نوترال ترانس در کدام نوع اتصال کوتاه تاثیر دارد؟

۶- در کدام نوع آرایش ترانسفورماتور دامنه جریان توالی صفر در ثانویه ترانسفورماتور صفر است؟ چرا؟

۷- مرحله ۵ را به ازای مقاومت های خطای (۱۰ اهم، ۵۰ اهم و ۱۰۰ اهم) تکرار کنید. مقاومت خطا چه تاثیری در اندازه ولتاژ و جریان در دو سر ترانس دارد؟

۸-اشباع اترانسفورماتور چه نتیجه ای در نتایج ولتاژ و جریان در حین اتصال کوتاه دارد؟

۹-پس فاز بودن یا پیش فاز بودن سیم پیچ مثلث نسبت به ستاره چه تاثیری در در نتایج ولتاژ و جریان در حین اتصال کوتاه دارد؟

نکته مهم:

- **هر گزارش کار باید حاوی موارد زیر باشد** (نام نویسنده مسئول گزارش، اسامی افراد مشارکت کننده، هدف آزمایش، تئوری اولیه آزمایش، معرفی عناصر مورد استفاده در آزمایش، مراحل انجام آزمایش، خروجی آزمایش و پاسخ به سوالات)

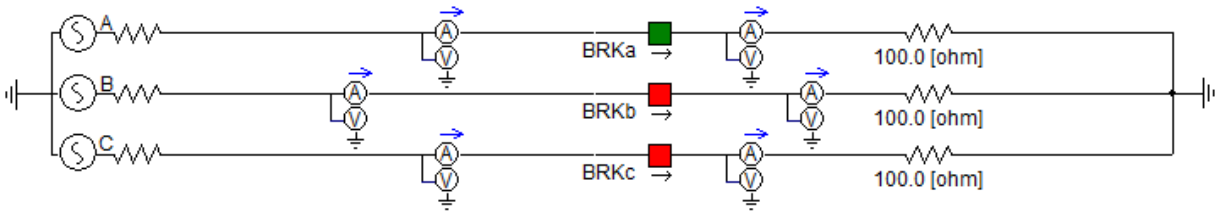
مهلت ارسال دستور کار: یک هفته بعد از انجام آزمایش.

مبحث ششم
تحلیل خطاهای مدار باز (قطع تک فاز و قطع دو فاز)

هدف آزمایش:

در این ازمایش قصد داریم تا دیاگرام فازوری ولتاژ و جریان را به ازای دو خطای مدار باز تک فاز و دو فاز از دید دو سر قطع شده مدار را با مدل ساده (مدار معادل تونن) بررسی کنیم. هدف یافتن ارتباط ولتاژ ها و جریان های توالی مثبت، منفی و صفر به دست آمده از دو سر بریکر می باشد.

روش آزمایش: مداری مطابق با شکل زیر را بسته و بعد از شبیه سازی به سوالات زیر پاسخ دهید.



۱-اختلاف پتانسیل فازوری دو سر بریکر قدرت را به دست آورده و با استفاده از توالی سنج اختلاف ولتاژهای سه فاز را به اختلاف ولتاژهای توالی تبدیل کنید و دیاگرام فازوری سه فاز ولتاژهای توالی را رسم کنید.

۲-با استفاده از تبدیل fft ابتدا فازورهای جریان را محاسبه کرده و سپس با استفاده از توالی سنج، جریان‌های توالی مثبت، منفی و صفر را استخراج کنید. سپس دیاگرام فازوری جریان‌های سه فاز و جریان‌های توالی را رسم کنید.

۳-با تنظیمات مناسب بریکر (مطابق با تنظیمات ذکر شده سر کلاس) خطای مدار باز قطع تکفاز و قطع دو فاز را در سیستم ایجاد کنید و به ازای هر نوع خطا، مراحل یک و دو دستورکار را تکرار کنید.

۴-دیاگرام های توالی مثبت، منفی و صفر فازوری ولتاژ و جریان در حالت قطع تکفاز و قطع دوفاز تحلیل کنید.

۵- در کدام خطای مدار باز مجموع جریان های توالی مثبت، منفی و صفر برابر صفر است. چرا؟ (اثبات کنید)

۶- در کدام نوع خطای مدار باز اندازه جریان های توالی مثبت، منفی و صفر با هم برابر است. چرا؟ (اثبات کنید)

۷- در قطع تکفاز ولتاژهای توالی مثبت، منفی و صفر دو سر بریکر چه ارتباطی بایکدیگر دارند؟

۸- در کدام خطای مدار باز، جریان قبل از خطا، ۳ برابر جریان های توالی مثبت، منفی و صفر است؟

۹-خطاهای قطع تکفاز و قطع دو فاز را در فازهای b و c انجام داده و مراحل ۱ تا ۸ را تکرار کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

نکته مهم:

- **هر گزارش کار باید حاوی موارد زیر باشد** (نام نویسنده مسئول گزارش، اسامی افراد مشارکت کننده، هدف آزمایش، تئوری اولیه آزمایش، معرفی عناصر مورد استفاده در آزمایش، مراحل انجام آزمایش، خروجی آزمایش و پاسخ به سوالات)

مهلت ارسال دستور کار: یک هفته بعد از انجام آزمایش.

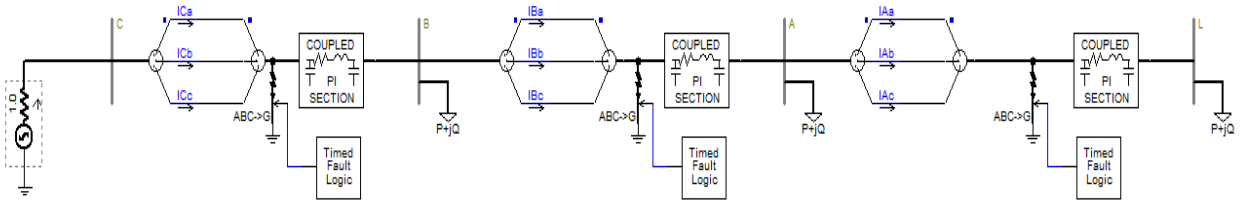
مبحث هفتم

بررسی تنظیم و هماهنگی رله های اضافه جریان در سیستم قدرت

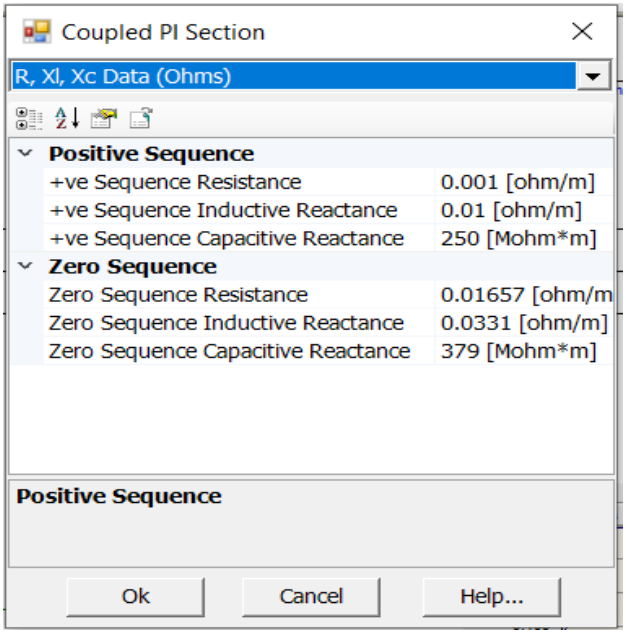
هدف آزمایش:

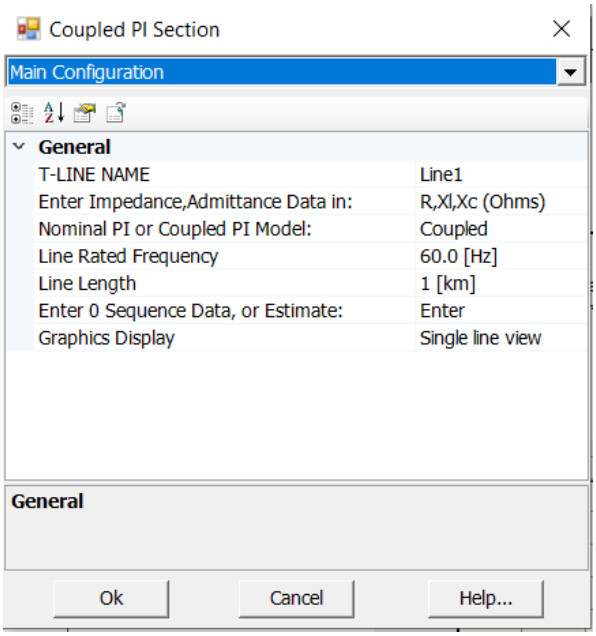
در این آزمایش قصد داریم تا مساله تنظیم و هماهنگی رله های اضافه جریان با مشخصه جریان-زمان معکوس را بررسی کنیم. هدف از تنظیم و هماهنگی ایجاد یک هماهنگی زمانی برای تشخیص خطاهای اتصال کوتاه توسط رله های اصلی و پشتیبانی آن توسط رله های پشتیبان می باشد. برای این منظور ابتدا باید آستانه عملکرد رله ها در شرایط بارگذاری عادی با لحاظ ضریب استانه ۱.۲ تنظیم گردد و سپس با به ازای TDS های مختلف عملکرد رله های اضافه جریان متوالی فیدر با یکدیگر هماهنگ گردد. هماهنگی به ازای ماکزیمم جریان اتصال کوتاه محل رله (جریان اتصال کوتاه سه فاز) انجام خواهد شد.

روش آزمایش: مداری مطابق با شکل زیر را بسته و بعد از شبیه سازی به سوالات زیر پاسخ دهید.

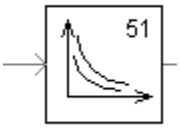


از آنجایی که تنظیم و هماهنگی رله‌های اضافه جریان در سطح شبکه توزیع می‌باشد از مدل خط ساده PI-SECTION با طول یک کیلومتر به تنظیمات زیر استفاده کنید. جهت کسب اطلاعات بیشتر به قسمت HELP مدل خط مراجعه نمایید.





از رله اضافه جریان زمان معکوس با مشخصات زیر برای شبیه سازی استفاده نمائید.



رله را در حالت Explicit data entry قرار دهید و مشخصات رله معکوس را با توجه به منحنی زمان-جریان معکوس تنظیم کنید.

Explicit Data Entry

NOTE: The parameters are enabled only if **Data Entry Format | Explicit** is selected. Refer to the equation below when entering these parameters

$$t_{trip} = TD\left(\frac{A}{M^p - 1} + B\right) + K$$

$$t_{reset} = TD\left(\frac{t_r}{1 - M^q}\right)$$

Trip Characteristic Constant (A)		REAL	Constant	Enter the trip characteristic constant A
Trip Characteristic Constant (B)		REAL	Constant	Enter the trip characteristic constant B
Trip Characteristic Constant (K)		REAL	Constant	Enter the trip characteristic constant K
Trip Characteristic Constant (p)		REAL	Constant	Enter the trip characteristic constant p
Reset Time (tr)		REAL	Constant	Enter the reset time constant t_r [s]
Reset Exponent Component (q)		REAL	Constant	Enter the reset exponent component q

TDS رله پائین دست را در ۰.۰۵ تنظیم کنید و سپس مقدار مقادیر آستانه عملکرد رله های اضافه جریان را با توجه به بارگذاری یکسان 100+J25 در تمامی باسبارها محاسبه کنید.

۱. زمان عملکرد رله های A&B&C را به ازای وقوع ماکزیم جریان اتصال کوتاه در محل رله پائین دست A به دست آورید. مقدار CTI بین رله‌ها با توجه به TDS تنظیم شده ($TDS_A=0.05$ $TDS_B=0.2TDS_C=0.4$) و از روی فرمول ریاضی منحنی های رله اضافه جریان محاسبه کنید. آیا هماهنگی برقرار است؟ فاصله بین عملکرد رله ها چه قدر است.

۲. اتصال کوتاه سه فاز را در محل رله های B&C قرار داده و مرحله شماره ۱ را تکرار کنید.

۳. بارگذاری فیدرها را در باس A به ۱.۵ برابر، در باس B ۲ برابر و در باس C ۲.۵ برابر کنید و مرحله یک را تکرار کنید. آیا هماهنگی برقرار است.

۴. هماهنگی را به ازای ($TDS_A=0.05$ $TDS_B=0.1TDS_C=0.15$) تکرار کنید. آیا هماهنگی برقرار است؟ به ازای کدام مقدار TDS ها بهینه ترین هماهنگی را می توان بین رله ها ایجاد کرد. چرا؟

۵. مشخصات رله اضافه جریان را با تغییر پارامترهای (A,B, k, p, q) تغییر دهید و مجددا مرحله یک را تکرار کنید. برای انتخاب دقیق این پارامترها به help نرم افزار مراجعه کنید.

۶. آیا هماهنگی به ازای مینیم جریان اتصال کوتاه (فاز به زمین A-G) هم برقرار است؟ چرا؟

۷. رله را به صورت EXTREMLY INVERSE تنظیم کرده و مرحله یک را تکرار کنید.

نکته مهم:

- **هر گزارش کار باید حاوی موارد زیر باشد** (نام نویسنده مسئول گزارش، اسامی افراد مشارکت کننده، هدف آزمایش، تئوری اولیه آزمایش، معرفی عناصر مورد استفاده در آزمایش، مراحل انجام آزمایش، خروجی آزمایش و پاسخ به سوالات)

مهلت ارسال دستور کار: یک هفته بعد از انجام آزمایش.

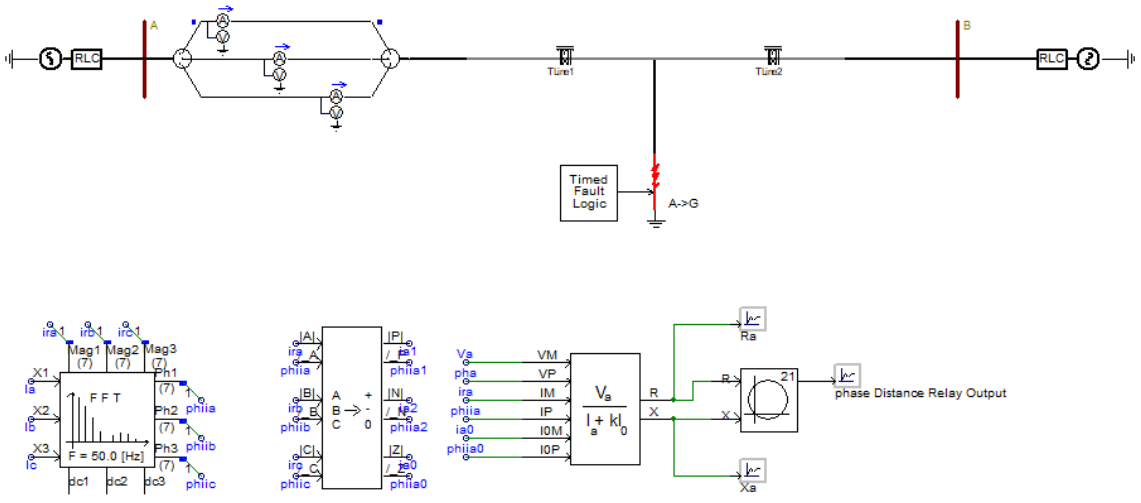
مبحث هشتم

بررسی تنظیم و هماهنگی رله های دیستانس در سیستم قدرت

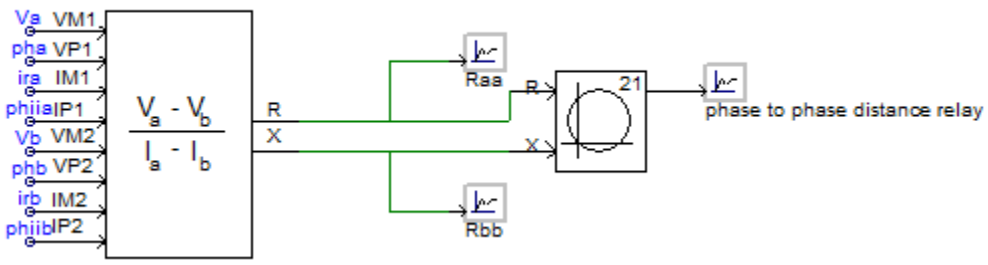
هدف آزمایش:

در این آزمایش قصد داریم تا مساله تنظیم و هماهنگی رله های دیستانس را انجام دهیم. هماهن طوریکه می دانیم رله دیستانس رله اصلی حفاظت خط انتقال می‌باشد که دارای ۳ زون عملکردی زون ۱، زون ۲ و زون ۳ می‌باشد. زون ۱ مسئولیت حفاظت اصلی خط را بر عهده دارد و حدود ۸۵ درصد خط حفاظت شونده را به صورت آنی پوشش می‌کند. زون ۲ کل خط حفاظت شونده بعلاوه ۲۵ درصد کوتاه ترین خط بعدی را در بازه ۰/۳ ثانیه حفاظت می کند و زون ۳ به عنوان حفاظت پشتیبان برای خطوط بعدی می باشد و می بایست علاوه بر خط حفاظت شونده، طولانی ترین خط بعدی بعلاوه ۲۵ درصد کوتاه ترین خط متصل به خط بلند را در بازه زمانی ۰/۶ ثانیه حفاظت کند.

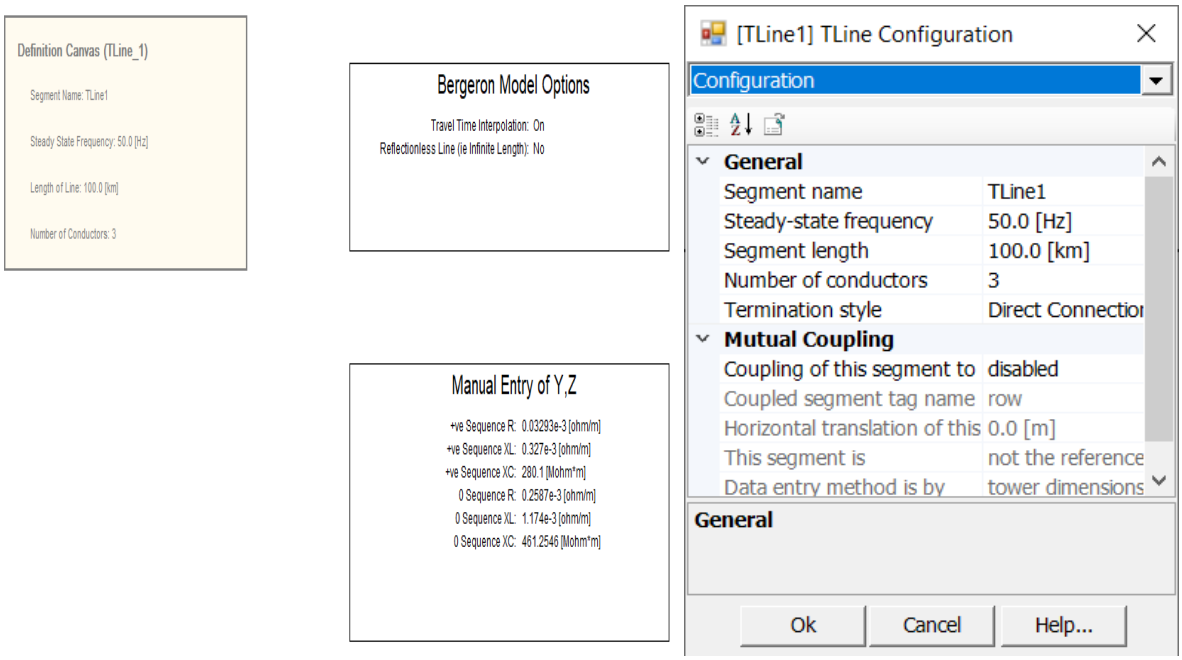
روش آزمایش: مداری مطابق با شکل زیر را بسته و بعد از شبیه سازی به سوالات زیر پاسخ دهید.



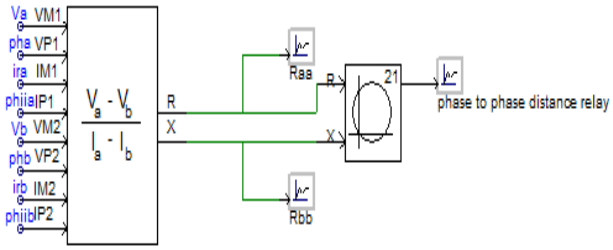
برای پیاده سازی رله دیستانس از واحد زیر استفاده می کنیم.

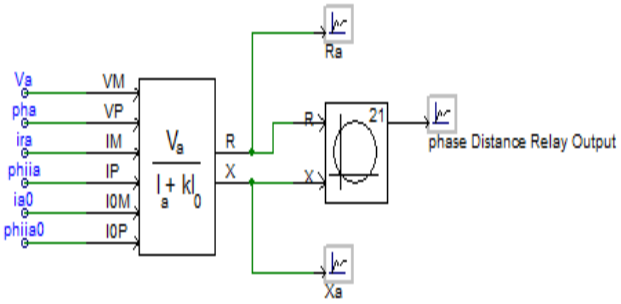


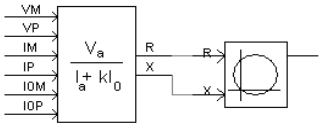
از آنجایی که تنظیم و هماهنگی رله‌های دیستانس در سطح شبکه انتقال می‌باشد از مدل خط بلند با طول ۲۰۰ کیلومتر با تنظیمات زیر استفاده می‌کنیم. جهت کسب اطلاعات بیشتر به قسمت HELP مدل خط مراجعه نمایید.



از رله دیستانس با مشخصه mho دایره ای با مشخصات زیر (واحدهای تکفاز و دو فاز) برای شبیه سازی استفاده نمائید.







The on-line ground impedance is calculated as follows:

$$Z_{LG} = \frac{V_{phase}}{I_{phase} + k \cdot I_0}$$

Where,

V_{phase} = Phase voltage

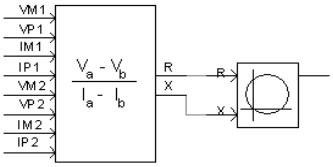
I_{phase} = Phase current

I_0 = $\frac{1}{3}(I_A + I_B + I_C)$

k = $\frac{Z_0 - Z_1}{Z_1}$

Z_0 = Zero-sequence impedance as seen from the location of the relay to the end of the protected zone

Z_1 = Positive-sequence impedance as seen from the location of the relay to the end of the protected zone



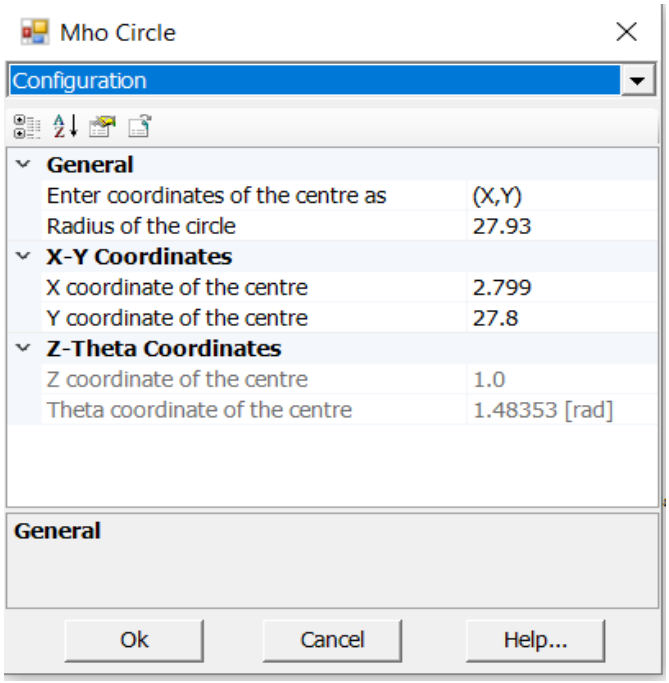
The on-line ground impedance is calculated as follows:

$$Z_{LL} = \frac{V_{phase1} - V_{phase2}}{I_{phase1} - I_{phase2}}$$

Where,

V_{phase} = Phase voltage

I_{phase} = Phase current



۸. زون یک رله دیستاس مهو را با توجه به مشخصات خط طوری تنظیم کنید که ۸۵ درصد خط را بپوشاند.

۹. زون های ۲ و ۳ رله دیستانس را با فرض تنظیم زون ۲ در یک و نیم برابر طول خط حفاظت شونده و زون ۳ در دو و نیم برابر خط حفاظت شونده انجام دهید.

۱۰. به ازای ۱۱ نوع خطای اتصال کوتاه بدون لحاظ مقاومت خطا، مکان هندسی امپدانس دیده شده توسط هر زون را به همراه مقدار R&X امپدانس دیده شده رسم کنید.

۱۱. نحوه محاسبه ضریب جریان توالی صفر در امپدانس دیده شده توسط رله واحد فازی را توضیح دهید.

۱۲. با استفاده از یک بریکر باری با مدل P+Jq را در باسB وارد کرده و اندازه بار را طوری افزایش دهید تا امپدانس دیده شده وارد زون ۳ رله دیستانس شود. مقدار این بار را گزارش دهید.

۱۳. حاشیه عملکرد زون ۳ رله دیستانس (Relay Margin) چگونه تنظیم می شود؟ توضیح دهید.

۱۴. به ازای کدام مقاومت خطا، خطای تکفاز به زمین A-G واقع در ۷۵ درصدی خط حفاظت شونده، خارج از زون حفاظتی رله قرار خواهد گرفت؟ شکل مکان هندسی امپدانس دیده شده را گزارش کنید.

نکته مهم:

- **هر گزارش کار باید حاوی موارد زیر باشد** (نام نویسنده مسئول گزارش، اسامی افراد مشارکت کننده، هدف آزمایش، تئوری اولیه آزمایش، معرفی عناصر مورد استفاده در آزمایش، مراحل انجام آزمایش، خروجی آزمایش و پاسخ به سوالات)

مهلت ارسال دستور کار: یک هفته بعد از انجام آزمایش.

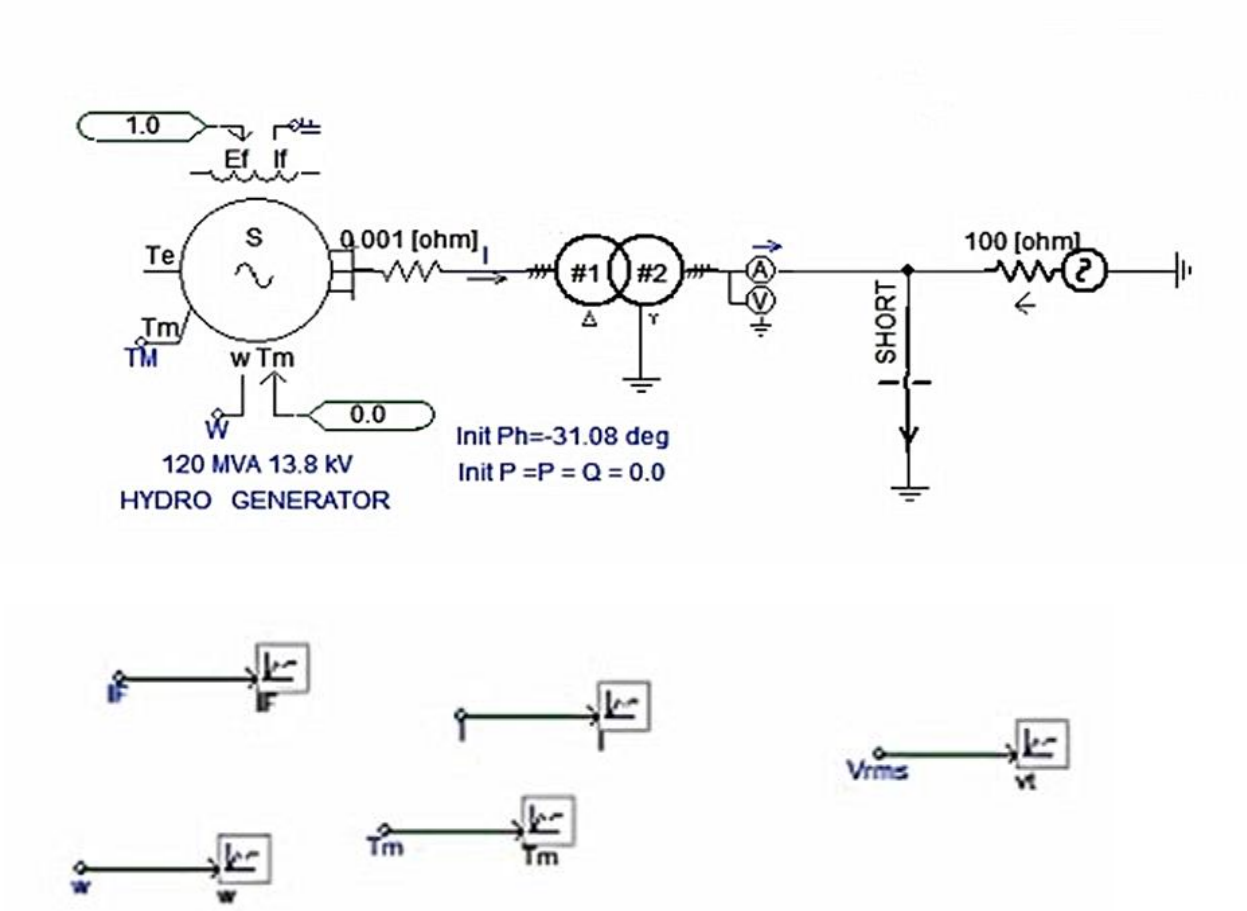
مبحث نهم

بررسی حالت اتصال کوتاه ژنراتور سنکرون

هدف آزمایش:

در این آزمایش با شبیه سازی ژنراتور سنکرون سه فاز در محیط نرم افزار PSCAD/EMTDC به دنبال مشاهده تغییرات جریان فازهای ماشین، جریان تحریک، گشتاور ماشین، سرعت و ولتاژ ترمینال ها با گذر زمان هستیم. در ابتدا لازم است تا تئوری علمی و روابط حاکم بر عنوان آزمایش را به طور کامل از کتب مراجع ماشین‌های الکتریکی یافته و توضیح دهید. این موارد باید حاوی مدار معادل ژنراتور سنکرون سه فاز، روابط مربوط به جریان های اتصال کوتاه متقارن و نامتقارن، جریان تحریک، و توان های اکتیو و راکتیو خروجی باشد.

در ابتدا مطابق با توضیحات داده شده سر کلاس مداری مطابق با شکل زیر بسته و به سوالات زیر پاسخ دهید.



۱) با انجام تنظیمات درخواستی گفته شده، آزمایش اتصال کوتاه ژنراتور سنکرون سه فاز را شبیه سازی کرده کرده و نتایج گشتاور مکانیکی، سرعت، جریان تحریک، ولتاژ ترمینال و جریان‌های سه فاز خروجی ژنراتور را گزارش کرده و نتایج را تحلیل کنید.

۲) مقدار مولفه DC و AC جریان اتصال کوتاه را برای هر سه فاز استخراج کرده و خروجی مربوطه را گزارش کنید.

۳) با افزایش تعداد سیم پیچ‌های میراکننده فرضی روی محور q مولفه AC متقارن جریان چه تغییری می کند؟

۴) با تغییر زمان وقوع اتصال کوتاه لحظه ای را به دست آورید که مولفه DC به ترتیب صفر و حداکثر باشد.

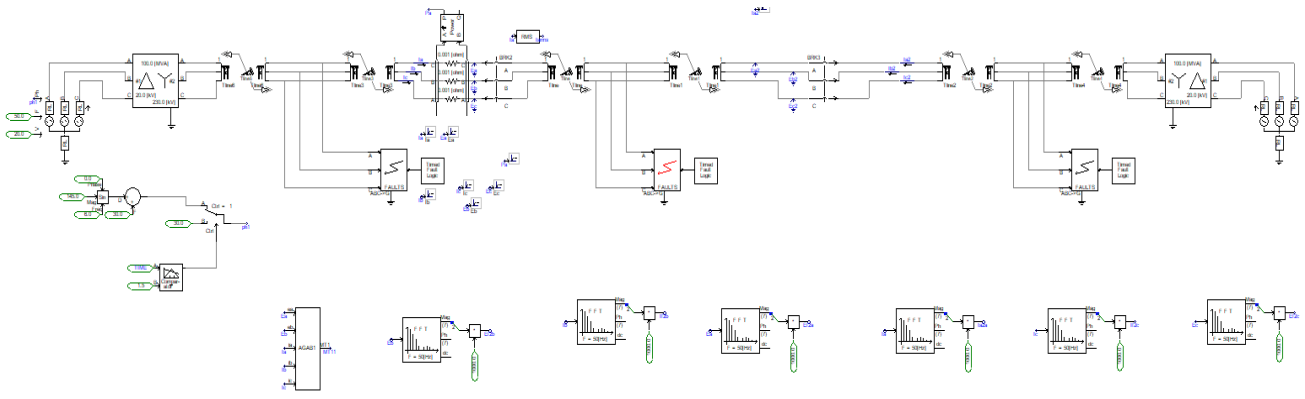
مبحث دهم

بررسی حفاظت شبکه انتقال و اثر نوسان توان در عملکرد رله های حفاظتی

هدف آزمایش:

در این آزمایش با شبیه سازی وقوع نوسان توان با فرکانس های مختلف (۱ تا ۶ هرتز) به دنبال بررسی عملکرد رله دیستانس در مقابل این پدیده متقارن هستیم. نوسان توان به دلیل ورود و خروج بارهای بزرگ، ورود خروج ناگهانی نیروگاهها و نیز سوئیچینگ ناشی از خطاهای اتصال کوتاه سه فاز در خط سالم رخ می دهد و باعث می‌شود امپدانس دیده شده توسط رله دیستانس به اشتباه وارد زون عملکردی رله شده و باعث عملکرد بی‌مورد رله دیستانس می‌شود. استخراج مکان هندسی امپدانس دیده شده توسط رله دیستانس در حین نوسان توان و استخراج شکل موج‌های ولتاژ و جریان در حین وقوع نوسان توان از اهداف مهم این آزمایش می‌باشد.

مدار شکل زیر را با مشخصات ارائه شده در آزمایشگاه رسم کرده و با تنظیم فرکانس نوسان توان به سوالات زیر پاسخ دهید.



۱- نوسان توان با فرکانس های سریع ۶ و ۴ هرتز چه تاثیری در شکل موج ولتاژ و جریان محل رله دارد؟

۲- نوسان توان با فرکانس کند ۱ و ۲ هرتز چه تاثیری در شکل موج ولتاژ و جریان محل رله دارد؟

۳- مکان هندسی امپدانس دیده شده توسط رله را حین نوسان توان به دست آورید؟

٤- خطای سه فازی را در حین نوسان توان ایجاد کنید و رفتار رله را در حین وقوع خطای سه فاز متقارن در حین نوسان توان تحلیل کنید.

٥- خطای اتصال کوتاه با مقاومت خطای ۵۰ اهم را حین نوسان توان با فرکانس یک هرتز ایجاد کنید و عملکرد رله را بررسی کنید.

٦- کارایی روش مولفه جریان دیفرانسیل (DCCR) معرفی شده را در تشخیص نوسان توان از شرایط خطای سه فاز را بررسی کنید.

٧- چرا رله دیستانس قادر به تشخیص نوسان توان از شرایط خطای سه فاز نمی باشد؟ تحلیل کنید.

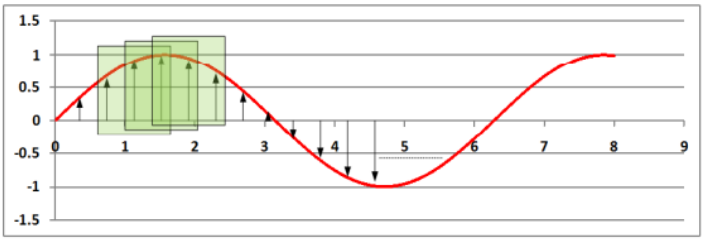
مبحث یازدهم

بررسی نحوه تخمین فازور از طریق انتقال سیگنال های ولتاژ و جریان از پی اسکد به متلب

هدف آزمایش:

در این آزمایش به دنبال تخمین فازور به روش DFT از سیگنال‌های ولتاژ و جریان انتقال یافته از پی اسکد به متلب هستیم. با فرکانس نمونه برداری ۲۰ نمونه بر سیکل سیگنال‌های ولتاژ و جریان را از شبکه زیر در دو باس ابتدا و انتهایی خط انتقال گرفته و به متلب منتقل می کنیم و سپس با کدنویسی در متلب با اسفاده از روش فوریه تمام سیکل دامنه و زاویه فاز سیگنال‌های ولتاژ و جریان را استخراج می‌کنیم. برای تخمین فازور از روش ذیل استفاده می کنیم:

- Sampled signal ⟹ Magnitude and Phase angle

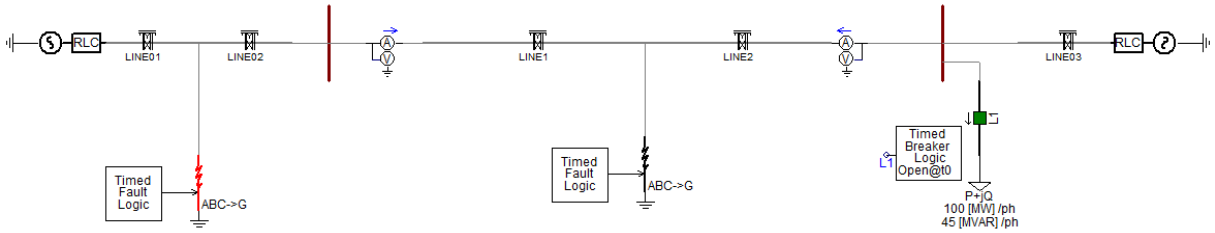


$$(V_{\max}\hat{\cos}\,\theta)=\frac{2}{N}\sum_{k=1}^{N}V\,(k\,\Delta T)\sin(k\,\omega\Delta T)$$

$$(V_{\max}\hat{\sin}\,\theta)=\frac{2}{N}\sum_{k=1}^{N}V\,(k\,\Delta T)\cos(k\,\omega\Delta T)$$

- مزایا
  - حذف مؤلفه dc
  - حذف هارمونیکها

مدار شکل زیر را در نرم افزار رسم کنید و به سوالات زیر پاسخ دهید:



۱- به ازای فرکانس های نمونه برداری ۱۰، ۲۰،۳۰ و ۴۰ نمونه برسیکل دامنه و زاویه فاز سیگنال های ولتاژ و جریان را در حالت عادی و در حین وقوع خطا استخراج کنید.

۲- تغییر فرکانس نمونه برداری چه تاثیری در دامنه و زاویه فاز تخمینی سیگنال دارد؟

۳- الگوریتم حفاظت دیستانس فاز به فاز و فاز به زمین را با استفاده از فازور ولتاژ و جریان پیاده کنید و مکان هندسی امپدانس دیده شده را به ازای مشخصه رله دیستانس مهو رسم کنید.

٤- الگوریتم حفاظت جریان دیفرانسیل را با استفاده از داده های فازور سنکرون جریان دو سمت خط پیاده کنید و عملکرد الگوریتم را به ازای خطاهای داخلی و خارجی بررسی کنید.

٥- چالش‌های حفاظت دیفرانسیل جریانی و حفاظت دیستانس را به ازای وقوع خطاهای امپدانس بالا بحث کنید.

مبحث دوازدهم

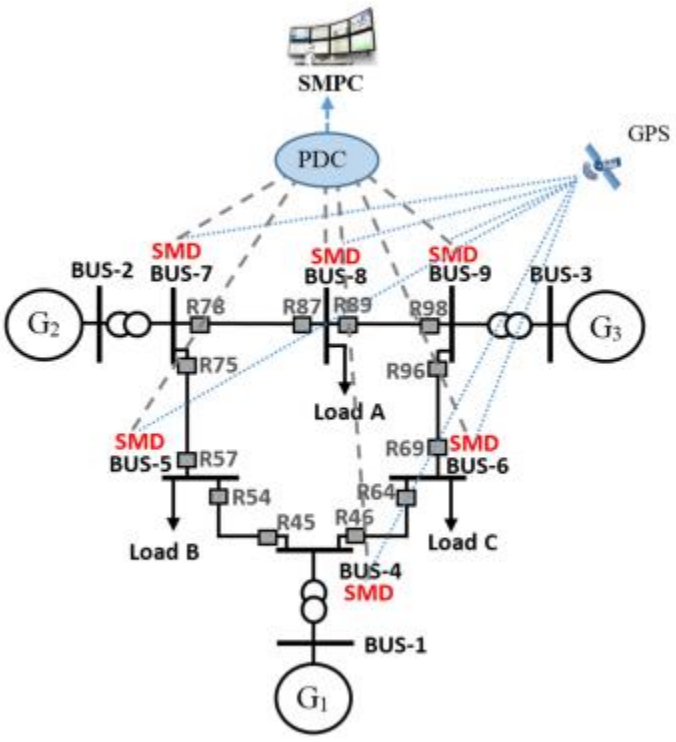
شبیه سازی یک طرح حفاظتی جدید در شبکه ۹ باسه WSCC

هدف آزمایش:

در این آزمایش به دنبال پیاده‌سازی یک روش حفاظتی جدید پشتیبان ناحیه گسترده شبکه انتقال (WABP) بر روی یک شبکه ۹ باسه متصل به سه ژنراتور سنکرون می‌باشیم. حفاظت‌های پشتیبان ناحیه گسترده مبتنی بر اندازه‌گیری‌های فازور سنکرون به دست آمده از PMUهای نصب شده در باس‌های شبکه انتقال می‌باشند. در این سیستم نیز فرض می‌شود در تمامی باس‌های سیستم تجهیزات PMU نصب شده است.

شبکه زیر را در نرم افزار رسم کرده و با پیاده سازی روش ارائه شده در مقاله زیر به سوالات زیر پاسخ دهید:

Ghanizadeh Bolandi, T., Haghifam, M. R., & Khederzadeh, M. (2017). Real-time monitoring of zone 3 - vulnerable distance relays to prevent maloperation under load encroachment condition. IET Generation, .Transmission & Distribution, 11(8), 1878-1888.



۱- عملکرد الگوریتم را در تشخیص انواع مختلف ۱۱ نوع اتصال کوتاه بررسی کنید.

۲- عملکرد الگوریتم را در تشخیص خطاهای داخلی از خارجی بررسی کنید.

۳- عملکرد الگوریتم را در تشخیص خطاهای اتصال کوتاه با مقاومت های مختلف تا ۱۰۰ اهم را بررسی کنید.

۴- عملکرد الگوریتم را در حین شرایط تجاوز بار بررسی کنید.

۵- عملکرد الگوریتم را در تشخیص خطاهای متقارن سه فاز از شرایط تجاوز بار بررسی کنید.